

УДК 674.04

Е. И. Стенина, Т. Ю. Чеснокова

Уральский государственный лесотехнический университет (Российская Федерация)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ
КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА
В КАЧЕСТВЕ БИОЦИДА ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ В ЖЕСТКИХ УСЛОВИЯХ
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Проведены экспресс-методом испытания по вымываемости защитного средства для древесины на примере пород сосны и осины с использованием коллоидного раствора наноразмерных частиц серебра «AgБион-2». Выполнен статистический анализ полученных результатов в ходе исследований, определяющих возможность применения раствора, содержащего наноразмерные частицы серебра, в качестве биоцида для древесины, используемой в жестких условиях эксплуатации, т. е. в банях и саунах, где древесина подвержена биоразрушению за счет повышенных влажности и температуры.

Эксперименты с использованием препарата в качестве биоцида для древесины в жестких условиях эксплуатации ранее никем не проводились, что подчеркивает уникальность выполненных исследований, в рамках которых осуществлялись испытания в двух режимах фиксации защитного средства: при оптимальных и высоких температурах. Результатом исследований является определение степени условной вымываемости в процентах для каждой породы древесины и, как вариант, создание модифицированной древесины.

Результаты анализа наглядно показывают высокую эффективность обработки древесины сосны и осины, относя исследуемый препарат к числу невымываемых защитных средств, что дает возможность получения экологически чистой, биозащищенной, дешевой древесины с большим эксплуатационным ресурсом, что крайне актуально в жестких условиях эксплуатации.

Ключевые слова: наносеребро, биозащита древесины, коллоидный раствор, наночастицы, нанотехнологии.

E. I. Stenina, T. Yu. Chesnokova

Ural State Forest Engineering University (Russian Federation)

**RESEARCH OF OPPORTUNITIES OF USE OF COLLOIDAL SOLUTION
OF NANODIMENSIONAL PARTICLES OF SILVER AS THE BIOCIDES
FOR WOOD IN SEVERE CONDITIONS OF EXPLOITATION**

A short-term test on the washout of the protective mean for wood was conducted using a colloidal solution of silver nanoparticles “AgBion-2” using the species of pine and aspen. There was carried out the statistical analysis of the results obtained in the course of the research, determining the possibility of application of a solution containing nanoscale particles of silver as a biocide for wood used in severe operating conditions, i.e., in the baths and saunas where wood is susceptible to washout, due to elevated humidity and temperature.

The experiments with the use of the preparation as a biocide for wood in severe conditions of exploitation nobody had previously conducted, which emphasizes the uniqueness of the research. Within the framework of which the tests were held in two modes of fixation of the protective mean: under optimum and high temperatures. The result of this research is to determine the extent of the conditional washout percentage for each timber species and optionally, creating a modified wood.

The results of the analysis clearly show the high efficiency of treatment of wood of pine and aspen, referring the examined preparation to the hardly washed out protective mean, that gives the possibility of obtaining environmentally friendly, biosecurity, cheap wood with high durability, which is extremely important in harsh environments.

Keywords: nanosilver, the biological protection of wood, colloidal solution, nanoparticles, nanotechnology.

Введение. При эксплуатации в зданиях и сооружениях древесина часто находится в условиях переменного воздействия повышенных или пониженных температур, переменной влажности; таким образом, возникают благоприятные условия для ее биоразрушения. Для увеличения

срока эксплуатации древесины осуществляют комплекс мер: конструкционных и химических.

В жестких условиях эксплуатации (интенсивного, постоянного или периодического увлажнения) химическая защита является обязательной мерой, а конструкционная – лишь страховой.

Для биозащитной обработки древесины в настоящее время чаще всего используются водные растворы солей либо композиции на основе органических растворителей и масел. Использование первых приводит к необходимости усложнения послепропиточной сушки изделий из массивной древесины, несоблюдение которой провоцирует высокую формоизменчивость и существенное трещинообразование. Вторые повышают горючесть и токсичность древесины. Общим для них является нарушение экологического баланса изделия или конструкции.

В жестких условиях эксплуатации для защиты древесины применяются трудновываемые защитные средства (антисептики) группы ССА, основными компонентами которых являются мышьяк и хром, которые относятся ко второму классу опасности. Область применения древесины, обработанной данными препаратами, ограничена (исключает жилые зоны).

Сейчас одна из быстро развивающихся областей современной нанотехнологии – это создание и использование наноразмерных материалов. Особенности столь широкого применения в настоящее время наноразмерных материалов в связаны с тем, что уменьшение размеров частиц твердого вещества ниже некоторого порога приводит к значительному изменению их свойств. Пороговый размер частиц, при котором происходит скачкообразное изменение свойств, для большинства известных материалов варьируется от 1 до 100 нм [1].

К наночастицам металлов, в том числе и серебра, предъявляют много требований, они должны быть устойчивыми долгое время, т. е. не агрегировать, не выпадать в осадок; иметь сферическую форму и размеры от 10 до 20 нм, так как именно наночастицы серебра сферической формы и данных размеров обладают наилучшими антимикробными свойствами.

Концентрация в растворе наночастиц серебра должна быть максимально высока, чтобы в последующем можно было приготовить растворы, мази, гели, кремы с различными концентрациями наночастиц серебра; кроме этого, раствор должен хорошо смешиваться как с полярными, так и с неполярными растворителями. Важно, как наночастицы серебра модифицируют различные материалы: хлопок, лен, нетканое полотно, краску, шпаклевку, гель, лак, древесину, древесностружечные плиты, чтобы в последующем производить материалы с новыми свойствами [2].

Основная часть. Перспективными направлениями внедрения наносеребра в различные отрасли считаются: производство лакокрасочной и косметической продукции, производство

средств защиты древесины, лесное и сельское хозяйство, производство и упаковка различной тары, производство строительных материалов и дезинфицирующих средств, пищевая и медицинская промышленность и др.

Интерес представляет возможность применения коллоидного раствора наноразмерных частиц серебра в качестве биоцида для защиты деревянных элементов, эксплуатирующихся в жестких условиях (интенсивном увлажнении и повышенных температурах), когда предъявляются особые санитарно-гигиенические требования, например в саунах, банях, бассейнах и т. п.

С этой целью были проведены испытания по определению экспресс-методом вымываемости наносеребра из древесины в соответствии с ГОСТ Р 50241–92 «Средства защитные для древесины» в двух режимах фиксации испытываемого защитного средства: при оптимальной ($(20 \pm 2)^\circ\text{C}$) и высокой ($(80 \pm 5)^\circ\text{C}$) температурах.

В качестве защитного средства при испытаниях применялся раствор наноразмерных частиц серебра марки «AgБион-2» концерна «Наноиндустрия», который обладает фунгицидными свойствами и не содержит хлорсодержащих и других экологически вредных компонентов, биосовместим и относится к IV классу опасности, что подтверждено испытаниями в лаборатории ГУ НИИ питания РАМН, ГУ НИИЭМ им. Н. Ф. Гамалеи РАМН, НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАМН, ГУ НИИ вирусологии им. Д. И. Ивановского РАМН, ГУП МГЦД, ФГУЗ ЦНИИЭ Роспотребнадзора [3].

Концентрат коллоидного раствора наноразмерных частиц серебра представляет собой подвижную жидкость темно-бурого цвета без запаха. Основным действующим началом материала являются наночастицы коллоидного металлического серебра (Ag) средним размером 10 нм. Их содержание в продукте 0,27 мг/мл.

Продукт содержит в качестве стабилизатора поверхностно активное вещество (ПАВ) диоктилдисульфосукцинат натрия, представляющий собой разрешенную согласно СанПиН 2.3.21078–01 пищевую добавку Е-480 в количестве 17,7 мг/мл. Присутствующее в составе продукта ПАВ является необходимым вспомогательным компонентом, стабилизирующим коллоидную дисперсию и препятствующим агрегации наночастиц. Остальную часть продукта составляет дистиллированная вода [3].

Для испытаний был взят 10%-ный рабочий коллоидный раствор наноразмерных частиц серебра и пропитанные по способу «вакуум-атмосферное давление» образцы древесины сосны и осины.

Итоговый протокол испытаний вымываемости препарата «AgБион-2»

Порода древесины	Общее поглощение защитного средства q_2 , кг/м ³	Масса вымывшегося защитного средства или компонента $m \cdot 10^{-8}$, кг	Относительное количество вымывшегося защитного средства $M \cdot 10^{-4}$, кг/м ³	Степень условной вымываемости защитного средства $\beta \cdot 10^{-3}$, %	Оценка защитного средства по вымываемости
При оптимальной температуре ((20 ± 2)°C)					
Сосна	25,86	9,085	4,85	1,87	< 10% – невымываемые
Осина	19,30		4,85	2,51	
При высокой температуре ((80 ± 5)°C)					
Сосна	30,47	50,176	55,49	18,21	< 10% – невымываемые
Осина	23,24		57,01	24,53	

В ходе испытаний были определены основные показатели: пропиточная емкость образцов древесины, или общее поглощение защитного средства, q , кг/м³, которое рассчитывается по формуле (1); относительное количество вымывшегося защитного средства M , кг/м³, которое рассчитывается по формуле (2); степень условной вымываемости защитного средства β , % (формула (3)); расчет всех показателей был произведен в соответствии с ГОСТ Р 50241–92 [4]:

$$q = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (1)$$

где m_1 – масса 10 образцов древесины после пропитки, кг; m – масса 10 образцов древесины до пропитки, кг; V – объем 10 образцов древесины, м³;

$$M = \frac{m'_1 + m'_2 + \dots + m'_i}{V}, \quad (2)$$

где m'_1, m'_2, \dots, m'_i – масса вымывшегося компонента, кг; V – объем образцов, подвергшихся вымыванию, м³;

$$\beta = \frac{M_{\text{ср}}}{q_2} \cdot 100, \quad (3)$$

где $M_{\text{ср}}$ – среднее относительное количество вымывшегося защитного средства, кг/м³; q_2 – общее поглощение защитного средства, кг/м³.

Итоговый протокол испытаний вымываемости коллоидного раствора наноразмерных частиц серебра марки «AgБион-2» представлен в таблице.

Закключение. По результатам испытаний при температуре (20 ± 2)°C можно сделать выводы, что оценка защитного средства по степени условной вымываемости для древесины сосны составляет 1,87 · 10⁻³%, для древесины осины – 2,51 · 10⁻³%. Данные значения составляют менее 1%, что позволяет отнести коллоидный раствор наноразмерных частиц серебра марки «AgБион-2» к невымываемым защитным средствам согласно ГОСТ Р 50241–92.

При вымывании горячей водой ((80 ± 5)°C), можно считать исследуемый препарат также невымываемым, потому что степень его условной вымываемости составляет 18,21 · 10⁻³% для образцов сосны и 24,53 · 10⁻³% для образцов осины. Следовательно, препарат пригоден для использования в жестких условиях эксплуатации и не будет подвержен вымыванию при регулярном и продолжительном воздействии высоких температур и постоянной влажности.

Литература

1. Получение и свойства наноразмерных дисперсных материалов и композитов на их основе / С. Н. Степин [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 14. С. 86.
2. Стенина Е. И., Ваулина И. А., Оберюхтина Н. А. Изучение физико-механических свойств ДСтП, модифицированных наноразмерным серебром // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Труды XI Международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 25–28 мая 2016 г. Екатеринбург, 2016. С. 95–99.
3. Ананян М. А. Наночастицы серебра (коллоидное серебро, наносеребро) – дезсредство нового поколения [Электронный ресурс] // Институт нанотехнологий МФК [сайт]. 2016. URL: http://www.nanotech.ru/pages/about/ag_part.htm (дата обращения: 05.09.2016).
4. ГОСТ Р 50241–92. Средства защитные для древесины. Экспресс-метод испытания вымываемости. М.: Изд-во стандартов, 1994. 8 с.

References

1. Stepin S. N., Katnov V. E., Petrovina M. S., Vakhitov T. R. Production and properties of nano-sized particulate materials and composites on their base. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Journal of Kazan Technological University], 2013, no. 14, p. 86 (In Russian).

2. Stenina E. I., Vaulina I. A., Oberyuhtina N. A. Study of the physical and mechanical properties of particleboard modified with nanoscale silver. *Derevoobrabotka tekhnologii oborudovanie menedzhment 21 veka: Trudy 11 Mezhdunarodnogo evraziiskogo simpoziuma* [Woodworking: technologies, equipments, twenty-first century management: proceedings of the 11 International Eurasian Symposium]. Ekaterinburg, 2016, pp. 95–99 (In Russian).

3. Ananyan M. A. Silver nanoparticles (colloidal silver, nanosilver) – a new generation of disinfectants 2016. URL: http://www.nanotech.ru/pages/about/ag_part.htm (accessed: 09.05.2016).

4. GOST 50241–92. Means the for protection of wood. Express-test for leachability evaluation. Moscow, Standards Publishing House, 1994. 8 p. (In Russian).

Информация об авторах

Стенина Елена Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры инновационных технологий и оборудования деревообработки. Уральский государственный лесотехнический университет (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Российская Федерация). E-mail: sten_elena@mail.ru.

Чеснокова Татьяна Юрьевна – магистрант кафедры инновационных технологий и оборудования деревообработки. Уральский государственный лесотехнический университет (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Российская Федерация). E-mail: maxa071@yandex.ru.

Information about the authors

Stenina Elena Ivanovna – PhD (Engineering), Assistant Professor of the Department of Innovative Technologies and Equipment for Woodworking. Ural State Forest Engineering University (37, Sibirskiy trakt, Ekaterinburg, 620100, Russian Federation). E-mail: sten_elena@mail.ru.

Chesnokova Tatiana Yur'evna – Master's degree student of the Department of Innovative Technologies and Equipment for Woodworking. Ural State Forest Engineering University (37, Sibirskiy trakt, Ekaterinburg, 620100, Russian Federation). E-mail: maxa071@yandex.ru.

Поступила 15.11.2016